6

ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MEDECINE.

RAPPORT

SUR UN

NOUVEAU SPIROMÈTRE

DE M. GUILLET,

SÉANCE DU 2 DÉCEMBRE 1856,

PAR

M. POISEUILLE,

Membre de l'Académie impériale de médecine.

—

Extrait du *Bulletin de l'Académie de médecine*, t. XXII, p. 203.

—

L'Académie nous a chargés, M. Bouillaud et moi, d'examiner un spiromètre que lui a présenté M. Guillet, le 29 juillet dernier.

La spirométrie a pour objet, comme on le sait, d'évaluer approximativement la capacité individuelle de l'arbre aérien de l'homme sain et de l'homme malade.

D'après les préceptes posés par le docteur John Hutchinson et adoptés par la plupart de ceux qui se sont occupés de ce point de la science, le sujet étant debout fait une inspiration aussi profonde qu'il est possible, et l'air fourni par l'expiration complète qui lui succède immédiatement est

ecueilli. Ce volume d'air, s'il était obtenu exactement, représenterait en effet la majeure partie de l'air que peuvent recevoir les poumons, toutes choses égales d'ailleurs, et serait une donnée importante et pour le physiologiste et pour le médecin : nous allons voir que la spirométrie a attendu jusqu'à présent ce résultat.

Il s'agit en effet d'avoir toute la quantité d'air expiré ; or, dans une expiration grande ou petite, l'air sort librement du thorax sans rencontrer aucun obstacle ; la moindre résistance à surmonter donne lieu aussitôt à une perturbation dans l'expiration, et l'air n'est plus rejeté, ainsi que tout le monde peut facilement s'en convaincre, et cela, par suite de la faible pression avec laquelle l'air sort de la poitrine.

Votre commission a fait sur ce point quelques expériences très simples, qu'elle vous demande la permission de vous communiquer. L'un de vos commissaires a pris un tube de cuivre de 15 millimètres de diamètre, présentant à l'une de ses extrémités une bifurcation, dont les branches de même diamètre forment entre elles un angle d'environ 45°, et s'éloignent symétriquement de l'axe du tube principal : à l'une de ces branches il a adapté un petit manomètre à eau, et il a fait passer dans le tube, dont l'autre branche communique librement avec l'atmosphère, l'air provenant d'une expiration succédant à une inspiration profonde. Si l'expiration est faite avec effort, si l'air est poussé violemment, le manomètre indique une pression de 90, 100, ou 120 millimètres d'eau; mais cette pression, eu égard à la branche dont l'ouverture est restée libre, n'est qu'instantanée, elle tombe tout à coup à quelques millimètres et plus lentement de 2 à 1 millimètre, qu'elle atteint bientôt, jusqu'à 0; ces phénomènes s'observent en quelques secondes. Si l'expiration est faite sans effort, sans secousse, graduellement, on constate des faits analogues ; mais la pression maximum n'est plus que de 20 millimètres ou 30 millimètres et tombe encore tout à coup à quelques millimètres, pour se réduire peu à peu à 0 ; l'expiration ayant une durée de 5, 8, 10 ou 12 secondes la pression est

constamment appréciable, mais très faible pendant les dernières secondes. Ces expériences, répétées maintes fois, démontrent que la pression de l'air qui sort de la poitrine, dans l'*expiration qui nous occupe*, est loin d'être constante : d'abord de quelques centimètres d'eau, elle descend aussitôt à quelques millimètres, pour s'abaisser de plus en plus lentement jusqu'à 0 (1).

De là votre commission est portée à conclure que si dans les premiers instants de l'expiration la sortie de l'air de la poitrine peut vaincre un certain obstacle, elle devient bientôt impuissante devant la faible résistance d'une colonne d'eau de quelques millimètres par exemple. Ces faits bien établis, il lui a été facile de constater les inconvénients et les avantages que peuvent offrir les spiromètres, et par conséquent de formuler son jugement sur l'instrument que vous avez bien voulu soumettre à son examen. Il aura naturellement la préférence si, toutes choses égales d'ailleurs, il enregistre les quantités d'air de l'expiration, dans les circonstances normales qu'elle présente.

Le spiromètre de M. Hutchinson (2), comme tous ceux employés à son exemple par les autres observateurs, consiste en une cloche ou gazomètre équilibré, placé sur une cuve à eau ; un indicateur marque sur une échelle les mouvements ascendants de la cloche graduée ; un tube flexible pouvant s'adapter à la bouche du sujet, en se recourbant, se rend dans l'intérieur de la cloche. L'air de l'expiration succédant à une inspiration profonde, confiné dans le tube, fait irruption dans l'intérieur du gazomètre, sous une pression initiale de 500 à 800 millimètres d'eau environ, suivant les individus ; cette pression diminuant de plus en plus au

(1) S'il s'agit de la pression sous laquelle l'air sort de la poitrine dans l'expiration ordinaire, involontaire, lorsqu'a lieu la respiration pour subvenir à l'hématose, le manomètre n'indique plus alors qu'une pression qui oscille de 0 à 1 ou 2 millimètres.

(2) *Transactions médico-chirurgicales de la Société Royale de médecine de Londres*, 1846.

fur et à mesure de la sortie de l'air de la poitrine, se trouve bientôt réduite à la hauteur d'une colonne liquide mesurée par la distance du niveau de l'eau de la cuve à la partie inférieure de la courbure du tube; alors le sujet sentant qu'il a encore de l'air à rejeter, éprouve une gêne, une fatigue difficile à exprimer, dans les efforts impuissants qu'il fait pour vaincre la résistance incessante de cette colonne d'eau ; une portion notable du volume de l'air de l'expiration ne parvient donc pas dans le récipient (1).

Cette colonne d'eau ne s'évalue pas en millimètres, mais en centimètres, nous pourrions dire en décimètres quelquefois ; sa hauteur varie d'ailleurs avec les divers gazomètres dont le diamètre n'est pas constant : elle rend alors impossible toute comparaison entre les résultats de la spirométrie obtenus en Angleterre, en Allemagne, en Suisse, en France, etc.

Sans parler ici de la correction qu'exige la différence des températures de l'air du thorax et du récipient, ni de celle que nécessite la précipitation de la vapeur d'eau dont est saturé l'air expiré, circonstances qui réunies peuvent, dans certains cas, diminuer le volume que l'on cherche de plus d'un huitième ; sans même tenir compte ici de l'absorption de l'acide carbonique par l'eau du récipient, laquelle n'est pas moins de 2 à 3 pour 100 : nous croyons pouvoir dire que le gazomètre, employé comme moyen spirométrique, est un appareil qui laisse beaucoup à désirer.

Mais hâtons-nous d'ajouter, que si les volumes observés avec le spiromètre de M. Hutchinson ou autres sont trop faibles, comme la spirométrie a principalement pour objet de comparer entre eux les volumes respiratoires chez

(1) Je n'ai pas cru devoir entrer dans des détails plus circonstanciés sur l'appareil de M. Hutchinson, mais simplement signaler la cause d'erreur que présentent tous les gazomètres employés pour recueillir les volumes respiratoires; voire même celui de M. Wintrich (d'Erlangen). Si nous avons passé sous silence le spiromètre de caoutchouc vulcanisé de M. le docteur Boudin, c'est qu'au point de vue que nous considérons il est encore plus imparfait.

l'homme, suivant la taille, l'âge, etc., cette diminution affectant chaque observation obtenue d'ailleurs avec le même instrument et par le même expérimentateur, n'ôte rien, ou bien peu de chose, à l'intérêt qu'inspirent les beaux et nombreux travaux de M. Hutchinson sur la spirométrie.

L'un de nous a eu l'occasion, l'année dernière, de faire quelques recherches sur les volumes respiratoires; il a donc fait usage d'un gazomètre; une personne offrait alors, toutes corrections faites, une capacité respiratoire de 3410 centimètres cubes; mais, en nous servant du spiromètre de M. Guillet, son volume respiratoire est aujourd'hui de 3900 centimètres cubes.

Notre très honorable correspondant M. Bonnet (de Lyon), attachant à la spirométrie toute l'importance qu'elle mérite, et désirant en quelque sorte la vulgariser, a eu la pensée, il y a quelques mois, de renouveler en France une tentative déjà faite en Allemagne (1), c'est-à-dire de substituer aux gazomètres, instruments peu portatifs, le compteur à gaz, en usage dans les compagnies d'éclairage, et dont l'invention anglaise remonte à l'année 1816.

Nous avons vu ce nouveau spiromètre chez le constructeur même de M. Bonnet, M. Scholefield, à Paris, homme très intelligent et qui s'est prêté naturellement aux expériences que nous lui avons demandées. Ce compteur a tout au plus de 17 à 18 centimètres en tous sens; il porte un cadran ayant deux aiguilles: l'une marque les décilitres et l'autre les centilitres. Nous avions à constater deux points : d'abord le degré de sensibilité de l'instrument, c'est-à-dire la pression sous

(1) On lit dans l'intéressante thèse de M. Hecht, *Essai sur le spiromètre*, page 14 (Faculté de Strasbourg, 1855.) « Forstmann (Virchow, *Handb. der Path.*, t. V, p. 106.) a eu l'idée d'employer comme spiromètres, en leur faisant subir quelques modifications *ad hoc*, les appareils connus dans l'industrie sous le nom de *compteurs*, et qui servent à mesurer la quantité de gaz à éclairage consommée. Wintrich a eu l'occasion d'expérimenter avec plusieurs de ces instruments, et *il ne paraît pas avoir eu à se louer grandement de leur exactitude.* »

*

laquelle sa force d'inertie était vaincue, et ensuite son degré d'approximation, c'est-à-dire si les indications du cadran correspondaient en effet au volume d'air qu'on y faisait circuler.

Sensibilité de l'instrument : Nous avions le tube de cuivre bifurqué, dont nous avons parlé précédemment ; l'une des branches étant en rapport avec notre petit manomètre, l'autre branche, à l'aide d'un tube de caoutchouc vulcanisé, fut mise en communication avec le spiromètre ; on souffla dans le tube, et l'on constata que les aiguilles du cadran ne marchaient que sous une pression supérieure à 5 millimètres d'eau, c'est-à-dire sous une pression de 5 à 6 millimètres. M. Scholefield voulut vérifier lui-même cette sensibilité ; il porta l'appareil dans une pièce où se trouvait un gazomètre muni d'un manomètre, et il reconnut qu'en effet, la force d'inertie de l'instrument exigeait 5 à 6 millimètres de pression. Ainsi, avec le compteur à expérience proposé par M. Bonnet, toute la portion de l'air de l'expiration qui offre, en sortant, une pression inférieure à 5 ou 6 millimètres, n'est pas indiquée par l'instrument.

Pour déterminer si les indications du cadran coïncidaient avec la quantité d'air qui traversait l'appareil, nous avons pris une pompe foulante d'une capacité connue ; celle qui était à notre disposition avait 1310 centimètres cubes ; nous l'avons mise en rapport avec le spiromètre, et nous avons fait marcher le piston avec des vitesses différentes, les temps étant indiqués par un chronomètre marquant les quarts de seconde. Ces expériences ont été faites sous les yeux de M. Scholefield et avec son concours, car il a fait marcher quelquefois le piston de la pompe. Nous allons d'abord les rapporter et ensuite nous chercherons à les interpréter.

	Temps.	Indication du compteur.	Au lieu de
1re expérience.	4″ 30‴ . . .	1160cc. . .	1310 cc.
2e —	4 30 . . .	940 . . .	1310
3e —	4 00 . . .	1080 . . .	1310
4e —	3 00 . . .	950 . . .	1310
5e —	1 30 . . .	620 . . .	1310
6e —	1 00 . . .	340 . . .	1310
7e —	0 45 . . .	290 . . .	1310

On voit donc que les indications de l'instrument sont tout à fait inexactes, et cependant les temps que nous avons employés, eu égard à la capacité de la pompe et aux volumes d'air ordinairement expirés, sont précisément ceux que peuvent offrir diverses expirations.

Ces discordances entre les indications du spiromètre et la dépense, viennent de ce que le compteur à gaz est un appareil essentiellement approprié à ses usages. Les pièces qui le composent ne comportent pas des vitesses au-dessus de certaines limites; au delà, les volants *clapotent*, et l'instrument est très infidèle, ainsi que nous venons de le voir. Tous les compteurs à gaz, dont le volume est proportionné aux dépenses, sont réglés pour de petites vitesses qui ne varient qu'entre des limites très restreintes.

Or, nous avons constaté directement, au commencement de ce rapport, que les vitesses de l'air expiré sont très variables; d'abord très considérables, elles diminuent rapidement pour se réduire à 0; le compteur à gaz, construit pour de petites vitesses et à peu près constantes, ne peut donc tenir lieu de spiromètre.

Deux personnes habituées aux expériences spirométriques, sachant par conséquent maîtriser la sortie de l'air des poumons, *ont soufflé très modérément* dans le compteur : l'une a une capacité respiratoire de 5000 centimètres cubes, l'instrument n'a indiqué que 4000 centimètres cubes; la capacité de l'autre étant de 3900 centimètres cubes, le compteur n'a marqué que 3100 centimètres cubes.

M. Scholefield, pour défendre, pour justifier l'exactitude de son compteur, nous a demandé, avec raison, de faire usage de très petites vitesses ; et nous avons constaté qu'en effet, pour 16″, 19″ et 28″, les dépenses respectives indiquées par l'instrument étaient 1250, 1255 et 1250 centimètres cubes au lieu de 1310cc. Ici nous avons des erreurs très négligeables. Mais quel est le malade, nous pourrions dire l'homme valide, qui, pour se prêter aux exigences d'un instrument, prolongera une expiration pendant 84, 57 ou même seulement 48 secondes ?

Le compteur à gaz fût-il un instrument exact quant aux vitesses données par la respiration, il exigerait toujours les corrections relatives à l'abaissement de la température et à la précipitation de la vapeur d'eau de l'air expiré, sans tenir compte du volume de l'acide carbonique absorbé.

Le spiromètre de M. Guillet se compose d'un tube de laiton de 15 millimètres de diamètre, formé de deux parties, l'une cylindrique, l'autre recourbée, raccordées entre elles ; une hélice composée de trois ailettes de mica très légères est montée sur une tige d'acier qui se trouve dans l'axe de la partie cylindrique du tube ; une des extrémités de cette tige sort du tube en traversant un trou pratiqué dans la paroi, et porte une vis sans fin destinée à communiquer le mouvement à un compteur. Deux roues dentées engrènent avec cette vis sans fin : l'une porte l'aiguille du compteur qui marque sur un cadran fixe divisé en autant de parties que la roue a de dents, 50, les unités du nombre de tours de l'hélice ; l'autre roue dentée n'a que 48 dents ; par conséquent, quand l'autre, qui a 50 dents, a fait un tour complet, elle a fait un tour plus 1/24 ; elle porte un cadran mobile divisé en 24 parties, et, chaque fois que l'hélice fait 50 tours, l'aiguille se déplace, par rapport au cadran mobile, d'une division de ce cadran ; le compteur enregistre donc le nombre de tours de l'hélice de 1 à 1200. La construction de ce spiromètre rappelle à la fois la sirène de M. Cagniard-Latour, et surtout l'anémomètre de M. Combes.

En supposant, pour plus de simplicité, que les 0 des deux cadrans coïncident, et que l'aiguille soit aussi au 0 ; pour obtenir le nombre de tours qu'aura faits l'hélice, après avoir soufflé par l'extrémité de la partie cylindrique du tube, on n'a qu'à noter le nombre de divisions qu'a parcourues l'aiguille sur le cadran mobile et sur le cadran fixe. Si le premier est égal à 21 et le second à 14, par exemple, l'hélice aura fait $21 \times 50 + 14$, c'est-à-dire 1064 tours ; sachant d'ailleurs que l'instrument donne passage à 3 centimètres

cubes d'air pour chaque tour de l'hélice (1), il sera passé alors 1064 $\times$ 3, ou $3^{lit.}$,192 d'air dans le spiromètre.

Nous avons d'abord cherché à déterminer le degré de sensibilité de l'instrument, c'est-à-dire la pression sous laquelle doit se mouvoir l'air qui le traverse pour le faire marcher; nous avons de nouveau pris notre tube de cuivre bifurqué qui nous a déjà servi : à l'une des branches se trouve adapté le manomètre à eau ; à l'autre branche nous avons placé l'instrument, et nous avons constaté qu'en soufflant dans le tube aussi modérément que possible pour faire marcher l'aiguille, le manomètre indiquait une pression difficile à évaluer, tant elle était minime : elle atteignit à peine un demi-millimètre (2). Ainsi, la force d'inertie du spiromètre que nous étudions exige pour être vaincue une pression inférieure à un demi-millimètre d'eau ; par conséquent, il n'y aura qu'une faible partie d'air de l'expiration qui échappera à ses indications.

Votre commission, après avoir déterminé la sensibilité de l'appareil, s'est occupée de la limite de l'erreur qu'il pouvait offrir. Nous aurions désiré, à cet effet, pouvoir agir sur une

(1) Ce coefficient de 3 centimètres cubes est déterminé pour le cas d'une vitesse correspondante au moins à un demi-litre par seconde, vitesse inférieure à celle de l'air dans la respiration; aussi quelque grande que soit la vitesse, ce coefficient ne change pas quant à l'instrument que nous avons sous les yeux : pour le cas d'une vitesse plus petite, le spiromètre exigerait une évaluation spéciale. Chaque instrument a son coefficient; un autre spiromètre m'a donné $4^{cc.}$,25 pour chaque tour de l'hélice, la température ambiante étant de 12°. Sa valeur, au dire de l'auteur, est indépendante de la température de l'air qui traverse l'instrument, dans les limites de 0° à 40° par exemple; s'il en était autrement, ce qui n'est pas probable, eu égard à des limites aussi voisines, il faudrait alors graduer l'appareil, en se servant d'air à 40° centigrades environ, température de l'air provenant de l'expiration (voir page 11).

(2) On aurait pu remplacer l'eau du manomètre par de l'éther, pour rendre cette pression plus sensible, mais nous n'avons pas jugé cette substitution nécessaire.

quantité d'air d'au moins une quinzaine de litres, puisque cette masse d'air est beaucoup plus considérable que les volumes respiratoires, mais nous n'avons pu disposer que d'une pompe foulante de 1350 centimètres cubes de capacité. Néanmoins, les résultats que nous avons obtenus nous ont satisfaits. Nous avons donc mis cette pompe foulante en communication, à l'aide d'un tube de verre de 15 millimètres de diamètre et de 30 centimètres de longueur, avec l'instrument, et nous avons fait passer l'air de la pompe dans son intérieur. Le mouvement de l'aiguille nous a indiqué le nombre de tours que faisait l'hélice; en divisant la capacité de la pompe par ce nombre, on a obtenu le volume d'air, en centimètres cubes, qui passait dans l'instrument à chaque tour de la vis sans fin ou de l'hélice (1).

Remarquons que l'instrument est un anémomètre, mais particulièrement approprié à la respiration; comme tout anémomètre, il ne donne des indications uniformes certaines que pour des dépenses qui ne sont pas inférieures à une certaine limite : cette limite est ici de un demi-litre par seconde environ ; c'est aussi la limite inférieure de dépense que présente une expiration complète succédant à une inspiration profonde.

Le temps que mettait l'air de la pompe foulante à passer dans le spiromètre était indiqué par le chronomètre ; nous ne rapporterons ici que quelques expériences faites avec un seul spiromètre, les résultats donnés par un autre étant tout à fait analogues; la température ambiante était de 12° c.

Première expérience : durée, 2″ 15‴; l'hélice fait 441 tours ; il passe 153 centimètres cubes d'air en 50 tours.

Deuxième expérience : durée, 1″ 15‴; l'hélice fait 454 tours; il passe 148 centimètres cubes d'air en 50 tours.

(1) Quand on fait marcher, dans ces expériences, le piston de la pompe, il faut avoir le soin, lorsque le piston arrive au bas de sa course, de modérer beaucoup son mouvement, afin que la vitesse acquise par l'hélice ne vienne pas vicier les résultats. Cet inconvénient ne se présente pas dans le cas de l'expiration, puisque la vitesse de l'air diminue graduellement, et devient nulle pour ainsi dire insensiblement.

Troisième expérience : durée, 0″ 45‴ ; l'hélice fait 450 tours; il passe 150 centimètres cubes d'air en 50 tours.

Si nous prenons en nombre rond 150 centimètres cubes pour la moyenne, chaque division du cadran mobile parcourue par l'aiguille correspondra donc à une dépense de 150 centimètres cubes d'air, ou 3 centimètres cubes par chaque tour de l'hélice.

Une personne, après avoir pratiqué une inspiration profonde, a soufflé dans le spiromètre : l'aiguille a marqué 26 divisions du cadran mobile; le volume respiratoire de cette personne est donc de $3^{\text{lit.}}$,900.

Si l'on prenait chacun des résultats des deux premières expériences, on aurait obtenu $3^{\text{lit.}}$,978 et $3^{\text{lit.}}$,848. On voit que ces nombres diffèrent de celui donné pour la moyenne d'une quantité moindre que 100 centimètres cubes ou 1 décilitre ; c'est en effet le maximum de l'erreur qu'offre cet instrument lorsqu'on s'appuie sur une graduation faite avec un volume d'air d'une vingtaine de litres ; notre pompe foulante n'avait pas, on se le rappelle, 1 litre 1/2 de capacité : c'est une erreur, à la vérité, mais tout à fait négligeable eu égard à la nature des volumes qu'on veut évaluer.

Le volume d'air expiré et mesuré par l'instrument est, pour ainsi dire, à la même température que la bouche, puisque l'hélice n'en est éloignée que de 4 à 5 centimètres ; en même temps, il ne se précipite qu'une quantité minime de vapeur d'eau dont cet air est saturé. L'usage de l'appareil ne modifie nullement le rhythme normal de l'expiration ; sa grande sensibilité ; l'approximation qu'il présente dans l'évaluation des quantités d'air qui le traversent; son extrême petit volume, tels sont les avantages que présente l'appareil soumis à notre examen. En conséquence, votre commission a l'honneur de proposer à l'Académie :

1° De reconnaître que le spiromètre de M. Guillet est un instrument précieux pour la physiologie et la médecine ;

2° De déposer honorablement la note de M. Guillet dans ses archives ;

3° D'adresser à l'auteur une lettre de remercîments.

La construction de ce spiromètre exige, à la vérité, des soins tout spéciaux ; c'est, en un mot, un travail d'horlogerie, mais peu compliqué. M. Charrière, à qui M. Guillet en a confié l'exécution, l'a parfaitement compris; néanmoins il serait très désirable que les cadrans fussent beaucoup mieux éclairés et les divisions plus facilement lisibles, ainsi qu'on les rencontre sur les cadrans de nos très petites montres.

— Les conclusions de ce rapport sont mises aux voix et adoptées par l'Académie.

Paris. — Imprimerie de L. MARTINET, rue Mignon, 2.